

ВЛИЯНИЕ ТМО НА СВОЙСТВА АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА Al-14%Cu-7%Ce

Журавлева М.А.

Руководитель – с.н.с., к.т.н. Мозучева А.А.

НИУ «БелГУ», г. Белгород

mariaciti@yandex.ru

Для изучения фазовых равновесий в твердом состоянии исследовали структуру сплава Al-14%Cu-7%Ce после отжига в интервале температур 500-600°C при различном времени выдержки (1 и 3 ч) с последующей закалкой в воду. Микроструктурный анализ сплавов после термической обработки показал, что уже при температуре 540°C происходит фрагментация частиц тройного соединения Al_8CeCu_4 (рис. 1 а и б). При этом их размер не превышает 3 мкм. Отжиг при 540°C не приводит к образованию жидкой фазы.

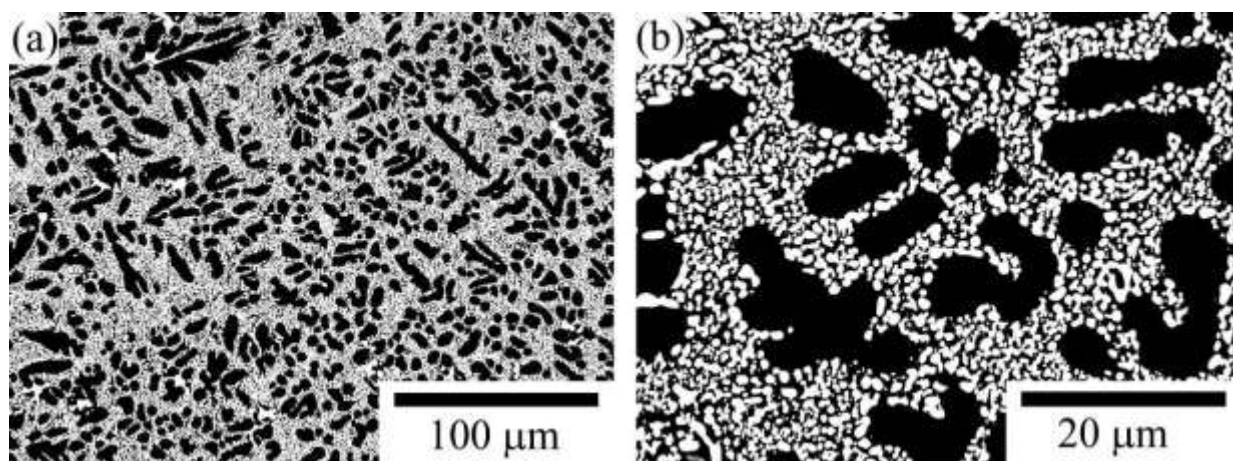


Рисунок 1- Структура сплава Al-14%Cu-7%Ce в отожженном состоянии

По прочности сплав Al-14%Cu-7%Ce не уступает известному сплаву Al-33%Cu, и значительно превосходит его по пластичности. После отжига при 540°C пластичность сплава Al-14%Cu-7%Ce возрастает, при этом прочность сплава остается на достаточно хорошем уровне. В сплаве Al-33%Cu фаза Al_2Cu в результате отжига сильно огрубляется, поэтому его пластичность остается низкой. Склонность фазы Al_8CeCu_4 к фрагментации и сфероидизации в процессе отжига, при сохранении достаточной дисперсности структуры (рис. 1б), делает структуру сплава Al-14%Cu-7%Ce весьма близкой к той, которая образуется в сплавах, в частности, системы Al-Ce. В качестве мягкой матрицы выступает (Al), а частицы фазы Al_8CeCu_4 играют роль упрочняющих частиц.

Предварительно отожженный (при температуре 540°C в течении 3 ч) сплав был подвергнут равноканальному угловому прессованию (РКУП) до

степени деформации $\varepsilon \sim 2$, что соответствует 2 проходам, при температуре 200°C и 250°C. РКУП прессование повышает однородность распределения частиц в сплаве Al-14%Cu-7%Ce и измельчает недеформируемые частицы Al_8CeCu_4 за счет механического разрушения (рис. 2 а и б). После РКУП при $T=200^\circ\text{C}$ частицы становятся практически глобулярными и их диаметр составляет $\sim 0,8$ мкм, тогда как после РКУП при $T=250^\circ\text{C}$ частицы преимущественно вытянуты вдоль направления деформации, их размер 2,3 мкм в длину и 0,8 мкм в толщину.

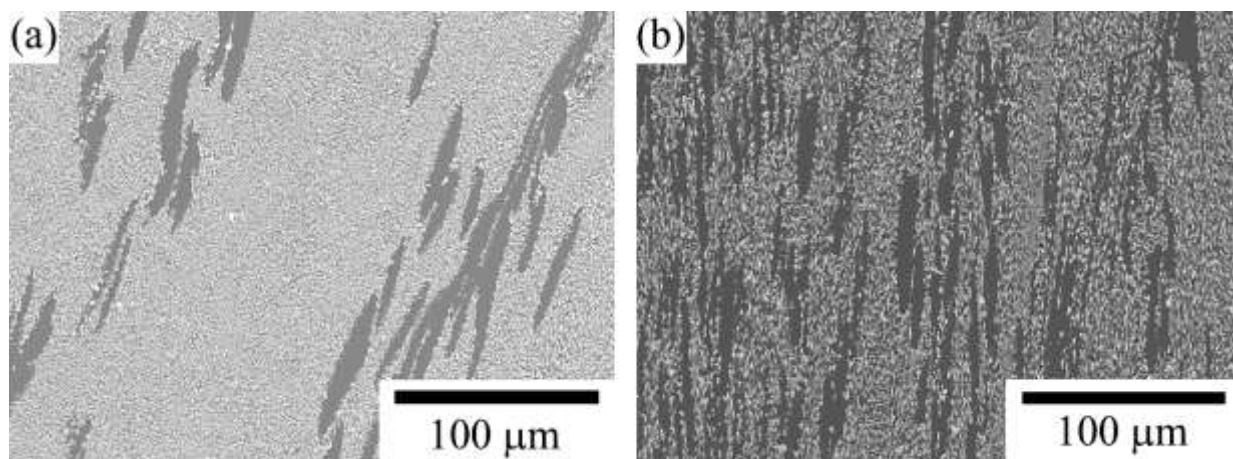


Рисунок 2- Микроструктура алюминиевого сплава Al-14%Cu-7%Ce, подвергнутого РКУП при $T=200^\circ\text{C}$ (а) и $T=250^\circ\text{C}$ (б)

Влияние отжига при температуре 540°C в течение 3 часов на предел прочности и удлинение до разрушения сплава Al-14%Cu-7%Ce показано на рисунке 3. В исходном состоянии сплава предел прочности составляет 260 МПа; удлинение до разрушения 6,2%; пластическое течение сопровождается деформационным упрочнением практически до разрушения образца (рис. 3).

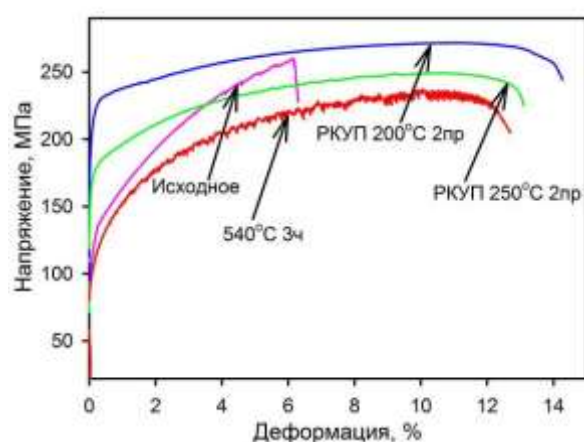


Рисунок 3- Диаграмма напряжение - деформация сплава Al-Cu-Ce

Отжиг при температуре 540°C оказывает влияние на механические свойства сплава, уменьшая прочность до 235 МПа, при этом в два раза увеличивается пластичность, что обусловлено изменением исходной эвтектической нефрагментированной структуры.

Механические испытания сплава Al-14%Cu-7%Ce, проведенные при комнатной температуре и скорости деформации $1,3 \times 10^{-3} \text{ с}^{-1}$, показали, что РКУ прессование при температурах 200 и 250°C сопровождается увеличением удлинения до разрушения, при этом увеличивается и предел прочности со значительным увеличением предела текучести (рис. 3). РКУ прессование изменяет тип кривых σ - ε : на них четко выделяются два участка. При степенях деформации менее 2% наблюдается интенсивное упрочнение, после чего наступает стадия установившегося течения. Дальнейшая деформация не приводит к значимому увеличению напряжений вплоть до разрушения образца. Все данные по механическим свойствам сведены в таблицу 1.

Таблица 1- Механические свойства сплава Al-Cu-Ce

Состояние	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %
Литое состояние	125	260	6,2
Отжиг 540°C 3ч	115	235	12,6
Отжиг 540°C, 3ч + 2 пр РКУП 200°C	220	270	14,2
Отжиг 540°C, 3ч + 2 пр РКУП 250°C	180	250	13,1

Значение электропроводности в исходном литом состоянии составляет $1,5 \times 10^5 \text{ 1/(Ом*см)}$. РКУ прессование при обеих температурах приводит к небольшому уменьшению электропроводности до $1,42 \times 10^5 \text{ 1/(Ом*см)}$. Таким образом, РКУ прессование с последующим отжигом при не только позволяет увеличить пластичность, но и электропроводность.

Работа выполнена на оборудовании ЦКП НИУ «БелГУ» при финансовой поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации, договор № 16.120.11.3258-МК

ВЫВОДЫ

1. РКУ прессование сплава Al-14%Cu-7%Ce повышает однородность распределения эвтектической фазы Al_8CeCu_4 . Размер фаз после РКУП при $T=200^\circ\text{C}$ диаметр частиц уменьшается до 0,8 мкм, после РКУП при $T=250^\circ\text{C}$ их размер составляет 2,3 мкм в длину и 0,8 мкм в толщину.

2. РКУ прессование при $T=200^\circ\text{C}$ предварительно отожженного сплава приводит к увеличению предела текучести и относительного удлинения практически в два раза по сравнению с недеформированным состоянием, с незначительным изменением предела прочности и электропроводности.